

**Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer
Fahrzeugbremsanlage mit aktiver hydraulischer
Bremskraftverstärkung.**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Fahrzeugbremsanlage mit aktiver hydraulischer Bremskraftverstärkung.

Die Erfindung betrifft ebenso eine Vorrichtung zur Steuerung einer Fahrzeugbremsanlage mit aktiver hydraulischer Bremskraftverstärkung, mit einer Betätigungseinheit, mittels der der Fahrer Bremsdruck in ein Hydraulikaggregat einsteuern kann, mit mindestens einer Radbremse, die über das mindestens eine Bremsleitung enthaltende Hydraulikaggregat mit der Betätigungseinheit verbunden ist, mit einer Pumpe, die mit ihrer Saugseite über ein Umschaltventil an die Betätigungseinheit und die mit ihrer Druckseite an die Bremsleitung anschließt, mit einem ansteuerbaren Einlassventil, das in der Bremsleitung angeordnet ist, mit einem zwischen dem Einlassventil und der Betätigungseinheit angeordneten, ansteuerbaren Trennventil, mit einem ansteuerbaren Auslassventil, das in einer Rücklaufleitung angeordnet ist, mit einem Drucksensor, der der Betätigungseinheit zugeordnet ist, mit einem Raddrehzahlsensor und mit einer ersten Auswerteeinheit zum Ansteuern der Pumpe, die Druck in den Radbremsen zur aktiven Bremskraftverstärkung beim Erreichen oder Überschreiten eines Aussteuerpunkts eines Bremskraftverstärkers einsteuert.

Vakuum-Bremskraftverstärker benötigen eine vom Motor zur Verfügung gestellte Unterdruckversorgung zur Unterstützung

der von dem Fahrer aufzubringenden Pedalkraft. Im Zuge neuer Motorentchnik, wie z.B. Benzin- Direkteinspritzer oder Dieselmotoren, ist eine Unterdruckversorgung zur Bremskraftunterstützung immer seltener gegeben. Abhängig vom Motor kann schon bei relativ geringen Pedalkräften ein Zustand erreicht werden, wo eine weitere Erhöhung der Kraft auf die Betätigungseinheit nur durch eine Steigerung der Pedalkraft möglich ist, da der Vakuum-Bremskraftverstärker die maximal mögliche Unterstützungskraft erreicht hat. Den Zustand bezeichnet man als Aussteuerpunkt des Verstärkers. Dann wird eine zusätzliche Fremdenergie notwendig, um den Fahrer bei seiner Bremsung zu unterstützen. Eine Möglichkeit der zusätzlichen Bremskraftunterstützung ist in Bremssystemen mit aktiver hydraulischer Bremskraftunterstützung realisiert, bei denen ein zusätzlicher hydraulischer Druck mit einer Druckerhöhungseinheit erzeugt wird.

Bremsungen, die mit geringer Betätigungsgeschwindigkeit, die beispielsweise nur wenig über dem Aussteuerpunkt, der z.B. einem Druck im Bremssystem (Bremsdruck) von 20 bis 30 entspricht, durchgeführt werden oder werden sollen stellen hohe Anforderungen die Regelung oder Steuerung einer zusätzlichen Bremskraftverstärkung. Denn um dem Fahrer eine komfortables und sicheres Pedalgefühl für das Bremspedal zu geben, sollten schon geringe Änderungen seiner Fußkraft auch in entsprechende Änderungen des Bremsdrucks bzw. der Fahrzeugverzögerung bewirken.

Oben angesprochene Systeme mit zusätzlicher hydraulischer Bremskraftverstärkung, die mit Ventilen zur Druckregelung und Pumpen zur Druckerzeugung arbeiten, haben ein systembedingtes Problem eine analoge Bremskraftunterstützung darzustellen, da es bedingt durch Ventilschaltungen oder Pumpenläufen nur zu einer stufigen

Druckerhöhung kommt. Diese Stufung bemerkt der Fahrer am Bremspedal, da es vom gewohnten Pedalgefühl abweicht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Nachteile einer hydraulischen Bremskraftverstärkung zu überwinden und eine sichere Bremskrafteinstellung zu schaffen. Auch relativ geringe Änderungen der Fahrerfußkraft sollen entsprechende Änderungen des Bremsdrucks bzw. der Fahrzeugverzögerung bewirken.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 und des Anspruchs 14 gelöst.

Durch die Erfindung nach Anspruch 1 wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art vorgesehen, dass eine aktive Druckerhöhungseinheit und/oder eine Druckmodulationseinheit nach Maßgabe eines Vergleichs eines Soll-Drucks oder einer Soll-Fahrzeuggeschwindigkeit oder davon abgeleiteter Größen, insbesondere einer Soll-Fahrzeugbeschleunigung, mit einem Ist-Druck oder einer Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit oder davon abgeleiteter Größen, insbesondere einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung, angesteuert wird.

Bei einer derartigen Bremsanlage mit "aktiver" hydraulischer Bremskraftverstärkung ist zumindest ein Teil der Bremsunterstützung durch die Druckerhöhungseinheit aktiv erzeugbar. Vorzugsweise wird zum aktiven Bremskraftverstärkung eine in der Bremsanlage vorgesehene Pumpe, insbesondere eine bei Bremssystemen mit einem Antiblockiersystem (ABS) oder einer Fahrdynamikregelung (ESP-System) bereits vorhandene hydraulische Pumpe, eingesetzt.

Der Begriff "Soll-Druck" bedeutet einen Bremsdruck, der aufgrund der vom Fahrer ausgeübten Kraft bzw. seines Drucks auf das Bremspedal unter den gegebenen Systembedingungen erwartet wird. Die Fahrerkraft wird bei diesem System über einen Vakuum-Bremskraftverstärker und einen Tandem-Hauptbremszylinder (THZ) in einen hydraulischen Druck umgesetzt, der -am Ausgang des THZ- durch Drucksensoren gemessen wird. Wird bei dem vorliegenden System mit aktiver hydraulischer Bremskraftverstärkung der Aussteuerpunkt des Vakuum-Bremskraftverstärkers erreicht und wird das Bremspedal durch den Fahrer weiter betätigt, dann wird durch die hydraulische Druckerhöhungseinheit -mangels genügender Unterstützung des Vakuum-Bremskraftverstärkers- der Druck weiter erhöht, damit der Fahrer die gewünschte Bremsleistung erhält. Mit anderen Worten entspricht der Soll-Druck einer Stellgröße, um entsprechend der Fahrervorgabe den Druck mit der Druckerhöhungseinheit einzustellen. Aus dem Soll-Druck ergibt sich eine erwartete Soll-Fahrzeuggeschwindigkeit bzw. eine Soll-Fahrzeugbeschleunigung, da durch einen bestimmten hydraulischen Druck im Bremssystem eine bestimmte, auf das Fahrzeug einwirkende Bremsleistung erzielt wird.

Der Begriff "Fahrzeugbeschleunigung" ist dabei sehr weit aufzufassen. Insbesondere sind darunter sowohl eine positive Beschleunigung als auch eine negative Beschleunigung, eine Fahrzeugverzögerung, zu verstehen. Die Druckerhöhung ist in der Regel mit einer Verminderung der Fahrzeugbeschleunigung bzw. einer Erhöhung der negativen Beschleunigung (stärkere Verzögerung) verbunden. Ein Druckabbau führt demgegenüber in der Regel zu einer Erhöhung der Fahrzeugbeschleunigung oder einer Verringerung einer negativen Fahrzeugbeschleunigung (geringere Verzögerung).

Im Gegensatz zur hydraulischen Druckerhöhungseinheit kann mit der "Druckmodulationseinheit" der Druck nicht aktiv erhöht werden. Diese dient vielmehr zur gezielten Einstellung eines an der Druckmodulationseinheit anliegenden hydraulischen Drucks und insbesondere zum Druckabbau. Als Druckmodulationseinheit wird vorzugsweise ein analogisiertes elektromagnetisches Ventil eingesetzt. Dieses Ventil kann durch eine entsprechende Ansteuerung zwischen einer (voll) geöffneten Stellung und einer (voll) geschlossenen Stellung auch Zwischenstellungen einnehmen und so zumindest näherungsweise ein definiertes Druckgefälle zwischen den beiden Seiten des Ventils einstellen.

Der Begriff "Ist-Druck" bedeutet den im wesentlichen an den Radbremsen tatsächlich anliegenden Druck. Dieser kann durch Drucksensoren ermittelt werden oder aber anhand eines Modells abgeschätzt werden. Aus dem tatsächlichen Ist-Druck ergibt sich eine tatsächliche Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit oder Ist-Fahrzeugbeschleunigung, da durch einen bestimmten hydraulischen Druck im Bremssystem eine bestimmte, auf das Fahrzeug einwirkende Bremsleistung erzielt wird. Die Ist-Fahrzeugbeschleunigung kann beispielsweise direkt durch einen Längsbeschleunigungssensor ermittelt werden. Der Ist-Druck oder die Ist-Fahrzeugbeschleunigung wird aber vorzugsweise aus den Radgeschwindigkeiten ermittelt, die mit Raddrehzahlsensoren erfasst wird. Vorzugsweise wird der Soll-Druck oder die Soll-Verzögerung rechnerisch aus dem THZ-Druck bestimmt.

Durch das Verfahren gemäß der Erfindung kann auch bei Kälte oder ungünstigen Fertigungstoleranzen ein sicheres Einstellen des Drucks bzw. der Fahrzeugbeschleunigung erreicht werden. Denn die hydraulische Wirksamkeit des

Systems wird so gewährleistet. Das bedeutet, relativ geringe Änderungen der Fahrerfußkraft bewirken eine entsprechende Änderung des Bremsdrucks bzw. der Fahrzeugverzögerung auch bei niedrigen Temperaturen. Durch Vergleich der Soll- und Ist-Werte und durch eine entsprechende Ansteuerungen der einzelnen Komponenten nach Maßgabe des Vergleichs wird der Durchfluss des hydraulischen Druckmediums in Richtung der bevorzugten Durchströmung vergrößert. Damit können Beeinflussungen durch Effekte welche die hydraulische Wirksamkeit verringern, wie z.B. niedrige Temperaturen, verringert oder kompensiert werden.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass wenn die Druckerhöhungseinheit für eine Bremsdruckerhöhung angesteuert wird, der Soll-Druck mit einem Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung mit einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung verglichen wird, und dass wenn der Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird.

Mit anderen Worten wird hier im Fall eines zu geringen Bremsdrucks (Soll-Druck größer Ist-Druck) oder einer zu großen Ist-Fahrzeugbeschleunigung bzw. einer zu geringen Ist-Fahrzeugverzögerung durch die hydraulische Druckerhöhungseinheit ein im System vorliegender Bremsdruck zusätzlich erhöht.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird, wenn für einen vorgegebenen Zeitraum, vorzugsweise 50 bis 100 msec oder nach 5 bis 10 Ansteuerungen der Druckerhöhungseinheit, der Soll-Druck

größer ist als der Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks oder zur Erzeugung einer zusätzlichen negativen Fahrzeugbeschleunigung die Pumpen-Ansteuerzeit um 30% bis 100%, vorzugsweise ca. 50 %, bezogen auf die ursprüngliche Pumpen-Ansteuerzeit, verlängert, wenn der Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.

Der Begriff „ursprüngliche“ Pumpen-Ansteuerzeit ist die Zeit, für welche die Pumpe angesteuert wurde, bevor die Situation der Abweichung des Soll-Drucks vom Ist-Druck oder der Soll-Fahrzeugbeschleunigung von der Ist-Fahrzeugbeschleunigung erkannt wurde.

Erfindungsgemäß wird die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert, wenn der Soll-Druck um mindestens 20% bis 50%, vorzugsweise ca. 30%, bezogen auf den Soll-Druck, größer ist als der Ist-Druck, oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung um mindestens 40% bis 60%, vorzugsweise ca. 50%, bezogen auf die Soll-Fahrzeugbeschleunigung, kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.

Es ist nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks oder zur Erzeugung einer zusätzlichen negativen Fahrzeugbeschleunigung die Pumpen-Ansteuerzeit um 200% bis 400%, vorzugsweise ca. 200 %, bezogen auf die ursprüngliche Pumpen-Ansteuerzeit, verlängert, wenn der Zustand, dass der

Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, mehrmals in Folge, vorzugsweise mindestens zweimal, erkannt wurde.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass wenn die Druckmodulationseinheit, wie ein hydraulisches Ventil, vorzugsweise ein analogisiertes Ventil, zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird, der Soll-Druck mit einem Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung mit einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung verglichen wird, und dass wenn der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, die Druckmodulationseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass die Druckmodulationseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird, wenn für einen vorgegebenen Zeitraum, vorzugsweise 50 bis 100 msec oder nach 5 bis 10 Ansteuerungen der Druckmodulationseinheit, der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass die Druckmodulationseinheit, wie ein hydraulisches Ventil, vorzugsweise ein analogisiertes Ventil, zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus die Ventil-Ansteuerstromstärke um 30% bis 100%, vorzugsweise ca. 50%, bezogen auf die ursprüngliche Ventil-Ansteuerstromstärke, erhöht, wenn der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.

Der Begriff „ursprüngliche“ Ventil-Ansteuerstromstärke ist die Ansteuerstromstärke, mit welcher das Ventil angesteuert wurde, bevor die Situation der Abweichung des Soll-Drucks vom Ist-Druck oder der Soll-Fahrzeugbeschleunigung von der Ist-Fahrzeugbeschleunigung erkannt wurde. Die "Ansteuerstromstärke" ist hier ein Differenzstromstärke. Das bedeutet, zu dem grundsätzlich angelegten Steuerstrom für eine Grundstellung des Ventils wird das Ventil mit einem "Differenzstrom" angesteuert (dI). Im Fall des zusätzlichen Druckabbaus wird beim Ventil durch Vergrößern des Differenzstroms der hydraulische Durchlass vergrößert.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass die Druckmodulationseinheit, wie ein hydraulisches Ventil, vorzugsweise ein analogisiertes Ventil, zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird, wenn der Soll-Druck um mindestens 20% bis 50%, vorzugsweise ca. 30%, bezogen auf den Soll-Druck, kleiner ist als der Ist-Druck, oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung um mindestens 40% bis 60%, vorzugsweise ca. 50%, bezogen auf die Soll-Fahrzeugbeschleunigung, größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Druckmodulationseinheit, wie ein hydraulisches Ventil, vorzugsweise ein analogisiertes Ventil, zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus die Ventil-Ansteuerstromstärke um 200% bis 400%, vorzugsweise ca. 200%, bezogen auf die ursprüngliche Ventil-Ansteuerstromstärke, erhöht, wenn der Zustand, dass der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, mehrmals in Folge, vorzugsweise mindestens zweimal, erkannt wurde.

Erfindungsgemäß wird eine modifizierte Ansteuerung der Druckerzeugungseinheit und/oder die Druckmodulationseinheit für einen Zündungslauf, dass bedeutet bis zum Abstellen der Zündung des Fahrzeugs gespeichert.

Das Verfahren ist vorzugsweise Teil eines Programms einer elektronischen Bremsenregelungseinheit für das Fahrzeugbremssystem und dient zur softwareseitigen Überwachung des Systems. Die Erkennung einer Abweichung des Soll-Drucks vom Ist-Druck oder der Soll-Fahrzeugbeschleunigung von der Ist-Fahrzeugbeschleunigung erfolgt während jedem Zündungslauf. Wird eine Abweichung der Ist- von den Soll-Werten in bestimmten Grenzen erkannt, dann wird der Druck gemäß dem zuvor beschriebenen Verfahren während einer Druckaufbau-Phase zusätzlich erhöht oder während einer Druckabbau-Phase zusätzlich erniedrigt. Wird anschließend nochmals, das bedeutet insgesamt somit mindestens zweimal, eine Abweichung in bestimmten Grenzen erkannt, dann wird der Druck entsprechend stärker während einer Druckaufbau-Phase zusätzlich erhöht oder während einer Druckabbau-Phase zusätzlich erniedrigt. Das Zählen der Durchläufe erfolgt durch Inkrementieren eines Bestätigungszählers, wenn die Ist- Fahrzeugverzögerung oder der Ist-Druck von den Soll-Werten in bestimmten Grenzen abweicht.

Erfindungsgemäß erfolgen die Änderungen der Ansteuerung der Pumpe oder des Ventils während eines Bremsvorgangs aber erst, wenn 3 bis 10 Programmdurchläufe erfolgt sind bzw. nach Ablauf eines Zeitraums von 50 bis 100 msec oder wenn 5 bis 10 Ansteuerungen der Pumpe oder des Ventils bereits erfolgt sind. Besonders bevorzugt erfolgt die Ansteuerung aber nur dann, wenn mindestens 5 bis 10 Ansteuerungen der Pumpe oder des Trennventils erfolgt sind. Damit ist

gewährleistet, dass eine Änderung der Ansteuerung für den Druckaufbau oder den Druckabbau nach der Erfindung erst dann vorgenommen wird, wenn eine verwertbare Veränderung der beobachteten Größe eingestellt wurde.

Diese Aufgabe wird ferner gemäß Anspruch 14 mit einer gattungsgemäßen Vorrichtung gelöst, die gekennzeichnet ist durch eine erste Ermittlungseinheit zum Ermitteln eines Soll-Drucks oder einer dem Druck entsprechenden Soll-Fahrzeugbeschleunigung nach Maßgabe des Drucksensor-Signals, eine zweite Ermittlungseinheit zum Ermitteln einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung oder eines der Fahrzeugbeschleunigung entsprechenden Ist-Drucks nach Maßgabe des Raddrehzahlsensor-Signals, eine Vergleichereinheit zum Vergleich des Soll-Drucks mit dem Ist-Druck oder der Ist-Fahrzeugbeschleunigung mit der Soll-Fahrzeugbeschleunigung, eine zweite Auswerteeinheit zum Ansteuern der Pumpe oder des Trennventils nach Maßgabe des Vergleichs, wobei wenn der Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, die Pumpe zwecks Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird und wenn der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung das Trennventil zwecks Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird.

Die Erfindung wird nun zwei Abbildungen (Fig.1 und Fig.2) beispielhaft näher erläutert.

Die Fig.1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung.

In der Fig.2 ist das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Flussdiagramms schematisch dargestellt.

Die in der Fig.1 dargestellte zweikreisige Bremsanlage für Kraftfahrzeuge besteht aus einer Betätigungseinheit 1, z.B. einem Bremszylinder, mit einem Bremskraftverstärker 2, der durch ein Bremspedal 3 betätigt wird. An der Betätigungseinheit 1 ist ein Vorratsbehälter 4 angeordnet, der ein Druckmittelvolumen enthält und in der Bremslösestellung an die Arbeitskammer der Betätigungseinheit angeschlossen ist. Der dargestellte eine Bremskreis weist eine an eine Arbeitskammer der Betätigungseinheit 1 angeschlossene Bremsleitung 5 auf, die die Betätigungseinheit 1 mit der einer Hydraulikeinheit 22 verbindet. Die Bremsleitung 5 weist ein Trennventil 6 auf, das in der Ruhestellung des Trennventils 6 einen offenen Durchgang für die Bremsleitung 5 bildet. Dem Trennventil 6 ist ein in Richtung der Radbremsen 10,11 sich öffnendes Rückschlagventil 7 parallel geschaltet. Die Funktion eines Druckbegrenzungsventils erfolgt durch das Trennventil. Das Trennventil dient hier als Druckmodulationseinheit. Das Trennventil 6 wird üblicherweise elektromagnetisch betätigt. Vorzugsweise aber ist das Trennventil ein analogisiertes Ventil. Denn dann ist insbesondere ein kontinuierliches, "analoges" Einstellen des Drucks bzw Druckabbaus möglich. Vorteilhaft kann bei einem analogisierten Ventil die Funktion eines Druckbegrenzungsventils durch eine entsprechende Steuerung realisiert werden, wodurch rein mechanische Druckbegrenzungsmittel entfallen können.

Die Bremsleitung 5 verzweigt sich in zwei Bremsleitungen 8, 9, die jeweils zu einer Radbremse 10, 11 führen. Die Bremsleitungen 8, 9 enthalten jeweils ein elektromagnetisch betätigbares Einlassventil 12, 19, das in seiner Ruhestellung offen ist und durch Erregung des Betätigungsmagneten in eine Sperrstellung geschaltet werden

kann. Jedem Einlassventil 12, 19 ist ein Rückschlagventil 13 parallel geschaltet, das in Richtung des Bremszylinders 1 öffnet. Parallel zu diesen Radbremskreisen ist ein sogenannter Rückförderkreis angeschlossen, der aus Rücklaufleitungen 15, 32, 33 mit einer Pumpe 16 besteht. Die Radbremsen 10, 11 schließen über jeweils ein Auslassventil 14, 17 über Rücklaufleitungen 32, 33 an die Rücklaufleitung 15 an und damit an die Saugseite der Pumpe 16, deren Druckseite mit der Bremsdruckleitung 8 in einem Einmündungspunkt E zwischen dem Trennventil 6 und den Einlassventilen 12, 19 verbunden ist.

Die Pumpe 16 ist vorzugsweise als Hubkolbenpumpe mit nicht näher dargestelltem Druckventil und einem Saugventil ausgebildet. Die Pumpe 16 dient hier als Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung der zusätzlichen hydraulischen Bremskraftunterstützung. An der Saugseite der Pumpe 16 befindet sich ein Niederdruckspeicher 20, bestehend aus einem nicht näher bezeichneten Gehäuse mit einer Feder und einem Kolben. In der Verbindung zwischen dem Niederdruckspeicher 20 und der Pumpe 16 ist ein vorgespanntes, zu der Pumpe öffnendes Rückschlagventil 34 eingesetzt. Die Saugseite der Pumpe 16 ist weiterhin über eine Saugleitung 30 mit einem Niederdruckdämpfer 18 und einem Umschaltventil 31 mit dem Bremszylinder 1 verbunden. Außerdem weist der Bremskraftübertragungskreis einen Drucksensor 40 auf, der in der Bremsleitung 5 zwischen dem Bremszylinder 1 oder Umschaltventil 31 und dem Trennventil 6 angeordnet ist. Über den Drucksensor 40 wird der Bremszylinder-Druck festgestellt und der eingesteuerte Bremsdruck ermittelt. Die Raddrehzahlen werden durch die Raddrehzahlsensoren 50, 51 ermittelt und die Signale einer elektronischen Bremsenregelungseinheit 52 zugeführt.

Die Bremsanlage arbeitet wie folgt:

Bei Bremsungen erhöht der Fahrer über die Betätigungseinheit 1 mit dem Vakuum-Bremskraftverstärker 2 den Bremsflüssigkeitsdruck im System. Von dem Drucksensor 40 wird der Druck des Bremszylinders 1 bzw. den in die Bremsleitung 5 eingesteuerten Bremsdruck ermittelt. Mit einer der elektronischen Regeleinheit 52 zugeordneten ersten Auswerteeinheit 60 zum Ansteuern der Pumpe wird Druck in den Radbremsen zur aktiven Bremskraftverstärkung beim Erreichen oder Überschreiten eines Aussteuerpunkts eines Bremskraftverstärkers eingesteuert, wenn der Druck einen Wert erreicht, der den Aussteuerdruck der Betätigungseinheit bzw. den Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers beschreibt. So erfolgt die Übergabe von der pneumatischen Bremskraftunterstützung durch den Vakuum-Bremskraftverstärker hin zu der aktiven Bremskraftverstärkung durch die Pumpe 16. Erreicht oder überschreitet der in das System und die Radbremsen eingesteuert Bremsdruck einen Wert, werden die Räder in den Bremsschlupf überführt und durch die elektronische Regeleinheit 52 wird eine ABS-Regelung eingeleitet.

Der elektronischen Regeleinheit 52 ist eine erste Ermittlungseinheit 61 zum Ermitteln eines Soll-Drucks oder einer dem Druck entsprechenden Soll-Fahrzeugbeschleunigung nach Maßgabe des Drucksensor-Signals, eine zweite Ermittlungseinheit 62 zum Ermitteln einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung oder eines der Fahrzeugbeschleunigung entsprechenden Ist-Drucks nach Maßgabe des Raddrehzahlsensor-Signals, eine Vergleichereinheit 63 zum Vergleich des Soll-Drucks mit dem Ist-Druck oder der Ist-Fahrzeugbeschleunigung mit der Soll-Fahrzeugbeschleunigung, eine zweite Auswerteeinheit 64 zum Ansteuern der Pumpe 16 oder des Trennventils 6 nach Maßgabe

des Vergleichs, wobei wenn der Soll-Drucks größer ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, die Pumpe 16 zwecks Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird und wenn der Soll-Drucks kleiner ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung das Trennventil 6 zwecks Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird.

In der Fig.2 ist ein Flussdiagramm des Verfahrens schematisch gezeigt. Die Ventilansteuerung des Ventils 6 mit einer bestimmten Stromstärke (I_l [mA]) 71 oder die Ansteuerung der Pumpe 16 bzw. eines die Pumpe 16 antreibenden Elektromotors für eine bestimmte Zeit (t [ms]) 70, führt zu einer Soll-Beschleunigung a_{soll} 72, welche unter "normalen" Bedingungen der Ist-Beschleunigung a_{ist} 73 entsprechen sollte. Die Ist-Beschleunigung kann mittels eines Längsbeschleunigungssensor aufgenommen werden oder durch Überwachung eines Verzögerungssignals, das nach Maßgabe der Raddrehzahlsensoren 50,51 aus den Radgeschwindigkeiten ermittelt wird. Wurde bei einem Vergleich des Ist-Werts mit dem Soll-Wert in Schritt 74 eine Übereinstimmung festgestellt (Schritt 75) und ist zuvor keine geänderte Ansteuerung erfolgt (Schritt 81), dann wird die ursprüngliche Steuerung beibehalten (Schritt 82).

Die Ansteuerungen 70 und 71, die bei Raumtemperatur einen gewünschten minimalen Druckaufbau bzw. Druckabbau gewährleisten, könnte beispielsweise bei niedrigen oder sehr niedrigen Temperaturen eine eingeschränkte hydraulische Wirksamkeit aufweisen. Bei einer derartigen "kritischen Ansteuerung", erfolgt demnach eine verminderte oder keine Fahrzeugreaktion auf die Anforderung des

Fahrers. Diese externe Einflussgröße der Temperatur wird zusätzlich von Fertigungstoleranzen, Verschleiß usw. überlagert. Wird eine Ansteuerung erkannt, die unter den Einflüssen als kritisch einzustufen ist, muss das Fahrzeug eine entsprechende Reaktion auf die Systemtätigkeit zeigen. Wenn z.B. minimale Druckabbauten durch den Fahrer eingesteuert werden, muss das Fahrzeug nach einer kleinen Totzeit einen Verzögerungsrückgang zeigen oder sogar die (positive) Beschleunigung muss zunehmen, z.B. wenn eine Bergabfahrt vorliegt. Es ist also grundsätzlich ein (mathematisches) Anwachsen der Beschleunigung zu erwarten. Wird diese Fahrzeugreaktion nicht detektiert, wird die Ansteuerung der Komponente nach dem erfindungsgemäßen Verfahren so verändert, dass sich der Durchfluss in Richtung der bevorzugten Durchströmung, Druckaufbau oder Druckabbau, vergrößert und somit auf ein unkritisches Maß angehoben wird. Weichen demnach der Soll-Wert 72 vom Ist-Wert 73 ab, wird zunächst ein Zähler 77 von einem Startwert um eins erhöht und es erfolgt eine Ansteuerung in Richtung größeren Durchflusses, d.h. ein größerer Druckaufbau durch eine vorzugsweise 50% längere Ansteuerung der Pumpe 16 in einer Druckaufbauphase oder eine stärkere Ansteuerung des Ventils 6 (Schritt 78) um vorzugsweise 50% in Richtung geringere Ventilbestromung in einer Druckabbauphase.

Wiederholt sich eine Abweichung trotz dieser erfolgten Korrektur, wird der Zähler 77 wieder um eins erhöht. Dadurch ist der aktuelle Zähler bei einem Wert der in diesem Beispiel um zwei oberhalb des Startwerts liegt (Schritt 79). Jetzt wird -bei der wiederholten Abweichung 76 eine Ansteuerung in Richtung größeren Durchflusses, d.h. ein größerer Druckaufbau durch eine vorzugsweise 200% längere Pumpen-Ansteuerung der Pumpe 16 in einer Druckaufbauphase oder eine stärkere Ansteuerung des Ventils 6 (Schritt 80) um vorzugsweise 200% in Richtung größerer

Ventilöffnung und damit größerem Druckabbau in einer Druckabbauphase. Dieser Vorgang erfolgt so lange, bis eine hinreichende Übereinstimmung zwischen Ist-Wert und Soll-Wert erzielt wurde (Schritte 74,75). Ist diese Übereinstimmung nach erfolgter Modifikation der Ansteuerung erfolgt (Schritt 83), wird diese Modifikation für den aktuellen Zündungslauf zunächst festgeschrieben (Schritt 84), da in der Regel die Bedingungen für die aktuelle Fahrt des Fahrzeugs bis zum Unterbrechen der Zündung gleich bleiben sollte. Durch einen neuen Zündungslauf werden die Pumpe 16 und das Ventil 6 wieder wie ursprünglich angesteuert. Der Zähler 77 beginnt mit seinem Ausgangswert. Ist es aber mehrfach hintereinander erforderlich, eine Ansteuerung einer Komponente 6 oder 16 so zu verändern, dass sich der Durchfluss in Richtung der bevorzugten Durchströmung vergrößert, ohne dass die geforderte Fahrzeugreaktion erkannt wird, kann auch eine Stilllegung des Systems oder eine Warnanzeige sinnvoll sein. Bei Systemen, die mit Drucksensoren die hydraulische Wirksamkeit überwachen, kann bei diesem Verfahren bei einem Sensorausfall in einer Fallback-Ebene eine Notlauffunktion betrieben werden. Hierbei wird dann vorzugsweise durch einen Drehratensensor die Hochachse des Fahrzeugs überwacht, um ein Schiefziehen (bei diagonal aufgeteilten Fahrzeugen) zu vermeiden. Im Grundsatz kann dieses Verfahren auch zur Überwachung von Systemen herangezogen werden, die den Fahrer beim Bremsdruckaufbau unterstützen, aber ihren Arbeitsbereich unterhalb der Reibwertausnutzung haben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Fahrzeugbremsanlage mit aktiver hydraulischer Bremskraftverstärkung, dadurch gekennzeichnet, dass eine aktive Druckerhöhungseinheit und/oder eine Druckmodulationseinheit nach Maßgabe eines Vergleichs eines Soll-Drucks oder einer Soll-Fahrzeuggeschwindigkeit oder davon abgeleiteter Größen, insbesondere einer Soll-Fahrzeugbeschleunigung, mit einem Ist-Druck oder einer Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit oder davon abgeleiteter Größen, insbesondere einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung, angesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenn die Druckerhöhungseinheit für eine Bremsdruckerhöhung angesteuert wird, der Soll-Druck mit einem Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung mit einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung verglichen wird, und dass wenn der Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird, wenn für einen vorgegebenen Zeitraum, vorzugsweise 50 bis 100 msec oder nach 5 bis 10 Ansteuerungen der Druckerhöhungseinheit, der Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder die Soll-

Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks oder zur Erzeugung einer zusätzlichen negativen Fahrzeugbeschleunigung die Pumpen-Ansteuerzeit um 30% bis 100%, vorzugsweise ca. 50 %, bezogen auf die ursprüngliche Pumpen-Ansteuerzeit, verlängert, wenn der Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird, wenn der Soll-Druck um mindestens 20% bis 50%, vorzugsweise ca. 30%, bezogen auf den Soll-Druck, größer ist als der Ist-Druck, oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung um mindestens 40% bis 60%, vorzugsweise ca. 50%, bezogen auf die Soll-Fahrzeugbeschleunigung, kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerhöhungseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks oder zur Erzeugung einer zusätzlichen negativen Fahrzeugbeschleunigung die Pumpen-Ansteuerzeit um 200% bis 400%, vorzugsweise ca. 200 %, bezogen auf die ursprüngliche Pumpen-Ansteuerzeit, verlängert, wenn der Zustand, dass der Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner

ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, mehrmals in Folge, vorzugsweise mindestens zweimal, erkannt wurde.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenn die Druckmodulationseinheit, wie ein hydraulisches Ventil, vorzugsweise ein analogisiertes Ventil, zur Erzeugung eines Druckabbaus angesteuert wird, der Soll-Druck mit einem Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung mit einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung verglichen wird, und dass wenn der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, die Druckmodulationseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckmodulationseinheit zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird, wenn für einen vorgegebenen Zeitraum, vorzugsweise 50 bis 100 msec oder nach 5 bis 10 Ansteuerungen der Druckmodulationseinheit, der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckmodulationseinheit, wie ein hydraulisches Ventil, vorzugsweise ein analogisiertes Ventil, zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus die Ventil-Ansteuerstromstärke um 30% bis 100%, vorzugsweise ca. 50%, bezogen auf die ursprüngliche Ventil-Ansteuerstromstärke, erhöht, wenn der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-

Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckmodulationseinheit, wie ein hydraulisches Ventil, vorzugsweise ein analogisiertes Ventil, zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird, wenn der Soll-Druck um mindestens 20% bis 50%, vorzugsweise ca. 30%, bezogen auf den Soll-Druck, kleiner ist als der Ist-Druck, oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung um mindestens 40% bis 60%, vorzugsweise ca. 50%, bezogen auf die Soll-Fahrzeugbeschleunigung, größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckmodulationseinheit, wie ein hydraulisches Ventil, vorzugsweise ein analogisiertes Ventil, zur Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus die Ventil-Ansteuerstromstärke um 200% bis 400%, vorzugsweise ca. 200%, bezogen auf die ursprüngliche Ventil-Ansteuerstromstärke, erhöht, wenn der Zustand, dass der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, mehrmals in Folge, vorzugsweise mindestens zweimal, erkannt wurde.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine modifizierte Ansteuerung der Druckerzeugungseinheit oder der Druckmodulationseinheit für den Zündungslauf, dass bedeutet bis zum Abstellen der Zündung des Fahrzeugs gespeichert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ein Programm oder Programmteil eines Fahrzeugbremsanlagen-Steuer- und Regelungsprogramms ist und dass eine Änderungen der Ansteuerung der Druckerzeugungseinheit oder der Druckmodulationseinheit erst dann erfolgt, wenn 3 bis 10 Programmdurchläufe erfolgt sind bzw. nach Ablauf eines Zeitraums von 50 bis 100 msec oder wenn mindestens 5 bis 10 Ansteuerungen der Pumpe oder des Ventils bereits erfolgt sind.
14. Vorrichtung zur Steuerung einer Fahrzeugbremsanlage mit aktiver hydraulischer Bremskraftverstärkung, mit einer Betätigungseinheit, mittels der der Fahrer Bremsdruck in ein Hydraulikaggregat einsteuern kann, mit mindestens einer Radbremse, die über das mindestens eine Bremsleitung enthaltende Hydraulikaggregat mit der Betätigungseinheit verbunden ist, mit einer Pumpe, die mit ihrer Saugseite über ein Umschaltventil an die Betätigungseinheit und die mit ihrer Druckseite an die Bremsleitung anschließt, mit einem ansteuerbaren Einlassventil, das in der Bremsleitung angeordnet ist, mit einem zwischen dem Einlassventil und der Betätigungseinheit angeordneten, ansteuerbaren Trennventil, mit einem ansteuerbaren Auslassventil, das in einer Rücklaufleitung angeordnet ist, mit einem Drucksensor, der der Betätigungseinheit zugeordnet ist, mit einem Raddrehzahlsensor, und mit einer ersten Auswerteeinheit zum Ansteuern der Pumpe, die Druck in den Radbremsen zur aktiven Bremskraftverstärkung beim Erreichen oder Überschreiten eines Aussteuerpunkts eines Bremskraftverstärkers einsteuert, gekennzeichnet durch eine erste Ermittlungseinheit zum

Ermitteln eines Soll-Drucks oder einer dem Druck entsprechenden Soll-Fahrzeugbeschleunigung nach Maßgabe des Drucksensor-Signals, eine zweite Ermittlungseinheit zum Ermitteln einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung oder eines der Fahrzeugbeschleunigung entsprechenden Ist-Drucks nach Maßgabe des Raddrehzahlsensor-Signals, eine Vergleichereinheit zum Vergleich des Soll-Drucks mit dem Ist-Druck oder der Ist-Fahrzeugbeschleunigung mit der Soll-Fahrzeugbeschleunigung, eine zweite Auswerteeinheit zum Ansteuern der Pumpe oder des Trennventils nach Maßgabe des Vergleichs, wobei wenn der Soll-Druck größer ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung kleiner ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung, die Pumpe zwecks Erzeugung eines zusätzlichen Drucks angesteuert wird und wenn der Soll-Druck kleiner ist als der Ist-Druck oder wenn die Soll-Fahrzeugbeschleunigung größer ist als die Ist-Fahrzeugbeschleunigung das Trennventil zwecks Erzeugung eines zusätzlichen Druckabbaus angesteuert wird.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer blockiergeschützten Bremsanlage

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Fahrzeugbremsanlage mit aktiver hydraulischer Bremskraftverstärkung. Bei dem Verfahren wird eine aktive Druckerhöhungseinheit und/oder eine Druckmodulationseinheit nach Maßgabe eines Vergleichs eines Soll-Drucks oder einer Soll-Fahrzeuggeschwindigkeit oder davon abgeleiteter Größen, insbesondere einer Soll-Fahrzeugbeschleunigung, mit einem Ist-Druck oder einer Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit oder davon abgeleiteter Größen, insbesondere einer Ist-Fahrzeugbeschleunigung, angesteuert.

(Fig.2)